

IN THE UNITED STATES PATENT & TRADEMARK OFFICE

Re: Application of: **WOLF**
Serial No.: To Be Assigned
Filed: Herewith as national phase of International Application
No. PCT/DE2004/000047, filed January 10, 2004
For: **METHOD FOR THE TRANSMISSION OF A DATA WORD**

LETTER RE: PRIORITY

Mail Stop PCT
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450
Sir:

July 8, 2005

Applicant hereby claims priority of German Patent Application No. 103 01 250.8 filed January 12, 2003, through International Patent Application Serial No. PCT/DE2004/000047, filed January 10, 2004.

Respectfully submitted,
DAVIDSON, DAVIDSON & KAPPEL, LLC
By _____
Cary S. Kappel
Reg. No. 36,561

Davidson, Davidson & Kappel, LLC
485 Seventh Avenue, 14th Floor
New York, New York 10018
(212) 736-1940

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

REC'D	26 MAR 2004
WIPO	PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 103 01 250.8

Anmeldetag: 12. Januar 2003

Anmelder/Inhaber: Dr. Andreas Christian W o l f , 12157 Berlin/DE

Bezeichnung: Verfahren zum Übertragen eines Daten-Worts

IPC: H 04 B, H 04 L, H 03 M

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 12. Februar 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
 Im Auftrag

Ozierung

PRIORITY DOCUMENT
 SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
 COMPLIANCE WITH
 RULE 17.1(a) OR (b).



Beschreibung

Verfahren zum Übertragen eines Daten-Worts, das eine Folge von einzelnen Daten in aufeinanderfolgenden Datenpositionen 5 enthält.

Die Erfindung liegt auf dem Gebiet der Datenübertragung durch ein beliebiges Medium, insbesondere der Datenübertragung binärer Signale in einem bandbegrenzten Funkkanal, und betrifft ein Verfahren zum Übertragen eines Daten-Worts, das eine Folge von einzelnen Daten in aufeinanderfolgenden Datenpositionen enthält.

Mit sich stetig erweiternden Anwendungsgebieten für die Datenübertragung und mit zunehmendem Volumen zu übertragender Daten wächst der Bedarf an Übertragungsverfahren, die unter Einsatz einfacher und preiswerter Mittel eine hohe Datenrate mit geringer Datenfehlerrate bzw. mit hoher Toleranz gegen Datenübertragungsfehler übertragen können. 20

Wesentliche leistungskennzeichnende Größen heutiger Übertragungsverfahren sind die Übertragung von Bit/s pro Hz Bandbreite des Kanals (kanalspezifische Datenrate) und die Störunempfindlichkeit. 25

Vor diesem Hintergrund geht aus dem sich auf den IEEE Standard 802.15.4 (Low Rate Wireless Personal Area Network) beziehenden Realisierungsvorschlag „PHY Proposal for the Low Rate 802.15.4 Standard“ von Ed Callaway, Motorola Labs, 30 (<http://grouper.ieee.org/groups/802/15/index.html>) die Verwendung von Sequenzen (Code-Wörtern) hervor, die durch zyklische Verschiebung eines Pseudo-Noise-Grund-Wortes generiert werden. Danach ist jedem Code-Wort ist ein 4-Bit-Daten-Wort

12:00

zugeordnet. Nach Übertragung des Code-Worts kann durch Korrelation mit einer Code-Referenz das ursprüngliche 4-Bit-Datenwort aus der Phasenlage des Maximums der Korrelationsfunktion identifiziert werden.

5

Dieses Verfahren ist jedoch in seiner Leistungsfähigkeit insbesondere hinsichtlich der Datenrate relativ eingeschränkt.

Eine Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein effizientes leistungsfähiges Datenübertragungsverfahren für - insbesondere binäre - zu übertragende Signale in einem bandbegrenzten Übertragungskanal zu schaffen, das sich durch eine hohe Störunempfindlichkeit und/oder eine hohe kanalspezifische Datenrate (Bit/s/Hz) auszeichnet. Außerdem soll das Verfahren mit einfachen und kostengünstigen Mitteln durchführbar sein.

15

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch Verfahren nach den Ansprüchen 1 und 8.

20 Unter Verknüpfung wird dabei eine zumindest multiplikative Verknüpfung des jeweils der Datenposition zugeordneten Code-Wortes mit dem datenpositionsindividuellen Datum verstanden, wobei zusätzlich eine Normierung oder Bewertung der Multiplikation erfolgen kann. Eine solche Verknüpfung erfolgt in ana-

25 loger Technik durch bekannte analoge Multiplikation; bei digitaler Ausführung des Verfahrens kann die Multiplikation bevorzugt durch eine EX-OR-NICHT-Verknüpfung (negierte EX-OR-Verknüpfung) realisiert werden.

30 Die Addition der einzelnen Verknüpfungsergebnisse erfolgt in analoger Technik beispielsweise durch Summieren der das jeweilige Verknüpfungsergebnis darstellenden Analogsignale. Bei

Realisierung des Verfahrens in digitaler Technik können die Digitalsignale bit-stellenweise addiert werden.

Ein erster erfindungswesentlicher Aspekt besteht darin, dass das - durch Verknüpfung des der jeweiligen einzelnen Datenpositionen individuell zugeordneten Code-Wortes mit dem jeweiligen Inhalt dieser Datenposition (nachfolgend auch Datum genannt) - erzeugte jeweilige Verknüpfungsergebnis mit den übrigen Verknüpfungsergebnissen der übrigen Datenpositionen addiert wird. Dadurch wird ein charakteristisches Summen-Wort erzeugt, das unter hoher Fehlertoleranz auf beliebigen Übertragungsstrecken, vorzugsweise per Funkübertragung, zum Empfänger übertragen werden kann.

15 Die ursprünglichen Informationen des zu übertragenden Daten-Worts bleiben implizit in dem Summen-Wort enthalten und werden nach dem erfindungsgemäßen Verfahren empfängerseitig extrahiert. Dazu wird das Summen-Wort mit der - bei zwei oder mehr Sätzen von Code-Vorräten gemäß Anspruch 8: jeweiligen - Referenz kreuzkorreliert. Dabei treten signifikante (Extrem-) Werte in der bzw. in den (Anspruch 8) Kreuzkorrelationsfunktionen auf, deren Lage und Größe die Information wiedergibt, welches Datum an der der Lage des Wertes entsprechenden Datenposition im Daten-Wort vorhanden ist.

25

Die dazu empfängerseitig erforderliche Information kann auf verschiedene Weise bereitgestellt werden. Es ist denkbar, z.B. in jedem Daten-Wort Datenpositionen für eine diesbezügliche Information zu reservieren. So könnten beispielsweise 30 die ersten zwei Datenpositionen eines z.B. digitalen Daten-Worts mit dem höchsten bzw. niedrigsten Wert des für das Daten-Wort vorgesehenen Wertevorrats gefüllt sein. Die entsprechende Kreuzkorrelationsfunktionswerte des übertragenen Sum-

men-Wortes geben dann die Maximal- bzw. Minimalwerte der Kreuzkorrelationsfunktion wieder; zwischen diesen liegen dann entsprechend der Wertigkeit des Daten-Wortes weitere „Bänder“, in denen die ggf. weiteren Werte des Daten-Wort durch 5 entsprechende Werte der Kreuzkorrelationsfunktion repräsentiert sind.

Voraussetzung für die Eignung einer Sequenz als Code-Wort und entsprechend als Referenz ist ihre Eigenschaft, dass ihre Autokorrelationsfunktion (d.h. Korrelation mit sich selbst) einen ausgeprägten detektierbaren Extremwert aufweist; dies impliziert, dass die Kreuzkorrelationsfunktion jedes Code-Worts aus dem Code-Wörter-Vorrat mit dieser Referenz jeweils 15 einen ausgeprägten detektierbaren Extremwert aufweist, wobei die Lage des Extremwerts charakteristisch für das individuelle Code-Wort ist.

Nach einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung werden zur Erzeugung der Code-Wörter eine m-Sequenz, ein Barker-Code, 20 eine Gordon-Mills-Welch (GMW)-Sequenz oder ein Gold-Code verwendet. Es ist genauso denkbar, analoge Signale als Code-Wörter zu verwenden, beispielsweise zeitlich begrenzte, frequenzmodulierte Sinussignale.

25 Denkbar ist auch die Verwendung von komplexen Code-Wörtern. Bei diesen wird zunächst eine Aufteilung in Real- und Imaginärteil vorgenommen, indem Real- und Imaginärteil jeweils ein Code-Wort zugeordnet wird, wie dies grundsätzlich aus der Homepage der Fa. Intersil (www.intersil.com), Application Note 30 9850.2, Bob Pearson, November 2001, zum Textentwurf für die Erweiterung des Standards IEEE 802.11 auf Hochgeschwindigkeitsanwendungen hervorgeht. Nach Übertragung des jeweils aus Real- bzw. Imaginärteil repräsentierenden Verknüpfungsergeb-

8 12 5 1 00

nissen gebildeten Summen-Worts erfolgt eine Rück-Aufschlüsselung nach Real- und Imaginärteil in entsprechender Weise über die Zuordnung der datenpositionsindividuellen Code-Wörter. Diesbezüglich sieht eine vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens vor, dass die Codewörter aus zyklischer Verschiebung aus einem CCK- (Complementary-Code-Keying)-Code gebildet werden.

Nach einer bevorzugten Fortbildung der Erfindung enthält das Daten-Wort unipolare duale Werte. Dies hat den Vorteil einer relativ einfachen schaltungstechnischen Realisierung. Allerdings ist im Fall eines „Null-Wortes“ als Daten-Wort (d.h. alle Datenpositionen enthalten das Datum „0“) eine Übertragung ohne Modulation nachteilig, weil das Summen-Wort in diesem Fall energielos ist.

Für derartige Fälle ist bevorzugt vorgesehen, dass das Daten-Wort duale bipolare Werte enthält. Damit ist die Übertragung zudem wesentlich störresistenter.

Weiter bevorzugt basiert das Daten-Wort auf einem drei- oder höherwertigen Zahlensystem. Dies hat den Vorteil einer noch höheren realisierbaren Datenübertragungsrate, wobei allerdings der Störgrößenabstand ab- und die Störempfindlichkeit entsprechend zunimmt. Unter den Bedingungen des Einzelfalls (z.B. notwendige Störsicherheit, Leistungsfähigkeit und Länge der Datenübertragungsstrecke) kann mithin eine Erhöhung der Datenübertragungsrate Verwendung höherwertiger Zahlensysteme durchaus vorteilhaft sein. Unter dreiwertigem Zahlensystem wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung ein Zahlensystem zur Basis 3 verstanden, dessen Stellen also durch die Potenzen 3^0 , 3^1 , 3^2 usw. definiert sind, wobei die Koeffizienten die Werte 0, 1 und 2 annehmen können.

Für eine analoge Realisierung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden bevorzugt bipolare Sequenzen als Code-Wörter verwendet, wie sie für sich aus der Veröffentlichung „Messtechnik für das BISDN, Dr. A. Wolf, vde-verlag gmbh Berlin und Offenbach, 1992, Bild 6-13, bekannt sind.

Anspruch 8 betrifft eine vorteilhafte Modifikation des erfindungsgemäßen Verfahrens, indem der Code-Wörter-Vorrat aus mindestens zwei Sätzen von hinreichend orthogonalen Sequenzen gebildet wird. Dadurch ist eine weitere Erhöhung des Code-Wort-Vorrats und damit die Übertragung von Summen-Wörtern möglich, die Daten-Wörter mit erhöhter Anzahl von Datenpositionen repräsentieren.

15

Problematisch bei der Übertragung mittels bevorzugter M-PSK-(Multi-Phase-Shift-Keying) Modulation ist das sog. „Multipath Fading“, das seine Ursache in unerwünschter Signalausbreitung auf Nebenpfaden infolge von Signalreflektionen hat. Ohne Ge-20 genmaßnahmen führt dies zu einem in I-Q-Diagramm-Darstellung („Scatter-Plot“) gedrehten Punktdiagramm und damit empfängerseitig zu Datenfehlern. Eine Kompensation dieses Effekts ist bei bislang bekannten Übertragungsverfahren sehr aufwendig.

25 Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet gegenüber anderen bekannten Verfahren bereits dadurch aus, dass es diesbezüglich schon äußerst störresistent ist.

30 Problematisch bleiben allenfalls Datenverfälschungen, die - je nach Zahlenbasis - zu einem Überlauf führen. Darunter ist der Wechsel z.B. bei einem digitalen 4-Bit-Wort (übertragenes Summen-Wort) von dem Wert (0000) auf den Wert (1111) bzw. umgekehrt zu verstehen. Dies wird - unter Bezugnahme auf die

entsprechende komplexe I-Q-Darstellung als sog. Zeigerdiagramm - auch als Übertritt über die („verbotene“) Sprunglinie bezeichnet, die in der Zeigerdiagrammdarstellung zwischen dem 1 und 4. Quadranten liegt. Erfindungsgemäß können auch diese

- 5 Störrisiken reduziert werden, wenn bei der M-PSK-Modulation des Summen-Worts eine M-PSK-Modulationsstufe verwendet wird, die höherstufig ist, als nach der Anzahl möglicher Werte, die das Summen-Wort annehmen kann, notwendig wäre. Beispielsweise bewirkt also bei einem Summen-Wort, das maximal 31 verschiedene Werte pro Datenpositionen annehmen kann, eine 32-wertige M-PSK-Modulation bereits eine Erhöhung der Störresistenz. Eine noch stärkere Erhöhung der Störresistenz bewirkt eine M-PSK-Modulation mit 64 Werten (zu der Basis 2 also die nächsthöhere Stufe). Die Positionierung der einzelnen Werte kann 15 dabei zur Erzielung einer möglichst großen Distanz zur Sprunglinie durch geeignete Off-Set-Beaufschlagung oder Wertzuordnung derart erfolgen, dass die auftretenden Werte mit hohem Abstand zur Sprunglinie positioniert sind.

- 20 Das vorbeschriebene Problem des „Multipath Fading“ zeigt auch bei sog. Baseband-Übertragungen (d.h. Übertragung ohne Modulation des Summen-Worts) oder bei Übertragungen, die unmodulierten Übertragungen ähnlich sind (wie z.B. amplitudenmodulierte Übertragungen) unerwünschte Störeffekte.

- 25 Diesbezüglich sieht eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung vor, dass die Summen-Wörter mit einer zyklischen Ergänzung versehen werden, die derart bemessen ist, dass trotz übertragungsbedingter Summen-Wort-Interferenzen innerhalb des 30 Korrelationsfensters nur Summen-Wort-Anteile auftreten, die von einem einzigen ursprünglichen Summen-Wort stammen.

00 12 01 00

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand einer Zeichnung näher erläutert; es zeigen:

Figur 1

schematisch eine erste Realisierung des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Figuren 2a und 2b

beispielhaft in dem Ausführungsbeispiel nach Figur 1 verwendete bzw. generierte Daten bzw. Werte,

Figuren 3a und 3b

in Abwandlung des Beispiels nach Figuren 2a und 2b sich im Fall eines bipolaren Daten-Worts ergebenden Werte,

Figuren 4a und 4b

in Abwandlung des Beispiels nach Figuren 2a und 2b sich im Fall eines Daten-Worts ergebenden Werte, das auf einem fünfwertigen Zahlensystem basiert,

Figur 5

prinzipiell die Umsetzung einer binären zu übertragenden Zahlenfolge ($\text{mod}2$) in z.B. ein Daten-Wort auf der Zahlenbasis ($\text{mod}4$),

Figur 6

eine weitere Modifikation des erfindungsgemäßen Verfahrens, bei der der Code-Wörter-Vorrat aus zwei Sätzen von Code-Wörtern gebildet ist, und

Figur 7

schematisch die Problematik des sog. „Multipath Fading“ und die Verwendung einer zyklischen Ergänzung.

Figur 1 zeigt schematisch eine Realisierung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Die im einzelnen verwendeten bzw. generierten Daten und Werte sind in Figur 2a und 2b zusammengestellt.

0 0 0 0 0 0 0

Zunächst wird in einem mit 1 bezeichneten Verfahrensschritt ein Code-Wörter-Vorrat CV (hier beispielhaft mit 31 Code-Wörtern C1 bis C31) vorgesehen. Die Code-Wörter C2 bis C31 sind durch zyklische 1-Bit-weise Verschiebung aus einer be-
5 vorzugt bipolaren m-Sequenz als Grund-Code-Wort C1 mit der Bitfolge

-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	1	1	-1	1	1	-1	1	-1	1	1	-1	1	1
----	----	----	----	---	----	----	---	----	---	---	---	---	---	---	----	----	---	---	----	---	---	----	---	----	---	---	----	---	---

gebildet. Grundsätzlich wäre auch eine unipolare m-Sequenz verwendbar; in diesem Falle wäre anstelle des jeweiligen Wertes (-1) der Wert (0) vorgesehen. Wie Figur 2a im Detail in der Tabelle „Code-Wort-Vorrat“ zeigt, ist das Code-Wort C2 durch zyklische Verschiebung gebildet, indem das erste Bit (-1) des Code-Worts C1 an die letzte Stelle verschoben wurde
15 und die übrigen Bits entsprechend eine Stelle vorgeschoben wurden. Die Generierung derartiger m-Sequenzen ist für sich bekannt und beispielsweise in der Veröffentlichung „Messtechnik für das BISDN“, Dr. A. Wolf, vde-verlag gmbh Berlin und Offenbach, 1992, Kapitel 5 ff. ausführlich beschrieben.

Charakteristisch für die Code-Wörter C1 bis C31 ist, dass ihre Kreuzkorrelationsfunktion mit dem Grund-Code-Wort (oder einem anderen Code-Wort des Code-Wörter-Vorrats) - nachfol-
25 gend als Referenz bezeichnet - jeweils einen ausgeprägten de- tektierbaren Extremwert aufweist, wobei die Lage des Extrem- werts charakteristisch für das individuelle Code-Wort (und die gewählte Referenz) ist.

Figur 1 zeigt ferner schematisch ein Daten-Wort DW, das 31
30 einzelne Bit-Stellen (nachfolgend im Hinblick auf nicht digi- tale zu übertragende Daten-Wörter auch allgemein als Datenpo- sitionen bezeichnet) #1 bis #31 aufweist (Figur 2a). Das Da-

100100

ten-Wort basiert in diesem Beispiel auf einem unipolaren dualen Zahlensystem (0;1) und folgende Bitfolge:

1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

- 5 Wie Figur 2a zeigt, ist jeder Datenposition #1 bis #31 genau ein einziges individuelles und damit unterscheidbares Code-Wort eindeutig und zumindest für die Übertragung eines Daten-Worts fest zugeordnet. Beispielsweise ist der Datenposition #5 (mit dem aktuellen Datum (0)) das Code-Wort C5 mit der Bitfolge:

-1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	1	1	-1	1	1	-1	1	1	1
----	---	----	---	----	----	----	---	----	----	---	----	---	---	----	----	---	---	---	---	---	----	---	---	----	---	---	---

zugeordnet, der Datenposition #10 (mit dem aktuellen Datum (1)) das Code-Wort C10 mit der Bitfolge

15

1	-1	1	1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	1	1	1	1	-1	-1	1	1	1	1
---	----	---	---	---	----	---	----	---	----	----	----	---	----	----	---	----	---	---	---	---	---	----	----	---	---	---	---

In einem mit 2 bezeichneten Verfahrensschritt wird mit dem Datum D jeder Datenposition #1 bis #31 nun das jeweils dieser Datenposition zugeordnete Code-Wort multiplikativ verknüpft.

Die jeweiligen Verknüpfungsergebnisse VE1 bis VE31 sind im einzelnen in Figur 2a dargestellt. So ergibt beispielsweise die multiplikative Verknüpfung des Datums D1 (Wert = (1)) des Daten-Worts DW mit dem zugeordneten Code-Wort C1 das Verknüpfungsergebnis VE1 mit der Bitfolge:

25

-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	1	1	-1	1	1	-1	1	-1	1	1
----	----	----	----	---	----	----	---	---	----	----	---	---	---	---	----	----	---	---	----	---	---	----	---	----	---	---

Dagegen ergibt die multiplikative Verknüpfung des Datums D2 (Wert = (0)) des Daten-Worts DW mit dem zugeordneten Code-Wort C2 das Verknüpfungsergebnis VE2 mit der Bitfolge:

30

6 12. 1. 10. 10.

Durch die multiplikative Bewertung des Code-Worts C2 mit dem Wert (0) des Datums D2 entsteht eine Nullfolge.

- 5 In einem mit 3 bezeichneten Verfahrensschritt werden nun die datenpositionsindividuellen Verknüpfungsergebnisse unter Bildung eines Summen-Wortes SW summiert. Dazu werden - bei wie im Ausführungsbeispiel digitaler Realisierung des Verfahrens - von jeweils allen Verknüpfungsergebnissen die Bits derselben Bitstelle addiert. Wie in Figur 2a gezeigt, ergibt die Summation der jeweils ersten Bits (im Dezimalsystem dargestellt) den Wert (0), der jeweils zweiten Bits (-4) etc..

15 Das so gebildete, damit ebenfalls 31 Datenpositionen aufweisende Summen-Wort SW wird ggf. in an sich bekannter Weise durch einen Modulator MOD moduliert und über eine - z.B. Funkstrecke - Strecke ST zu einem Empfänger EMP übertragen und empfängerseitig von einem Demodulator DEM demoduliert.

20 Die Übertragung kann aber auch - wie nachfolgend noch aufgegriffen - ohne Modulation (als sog. Baseband-Übertragung) erfolgen.

Das andeutungsweise in Figur 1 symbolisch dargestellte empfangene Summen-Wort SW wird in einem mit 4 bezeichneten Verfahrensschritt mit einer Referenz R mittels eines Korrelators KORR kreuzkorreliert. Dazu wird wie aus Figur 2a im einzelnen ersichtlich das empfangene Summen-Wort SW mit der Referenz zyklisch korreliert und daraus die Werte der Kreuzkorrelationsfunktion KKF (Figuren 2a und 2b) gewonnen. Referenz kann das Grund-Code-Wort oder aber auch eine durch zyklische Verschiebung des Grund-Code-Worts gebildete Sequenz sein. Im

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

Beispiel gemäß Figur 2a wird als Referenz das Grund-Code-Wort C1 verwendet; die Kreuzkorrelation erfolgt bitstellenweise dadurch, dass das Summen-Wort SW bitweise gegenüber der Referenz verschoben wird. Praktisch gleichbedeutend ist dazu, die

- 5 Referenz bitweise gegenüber dem unverschobenen Summen-Wort SW zu verschieben und bitweise zu multiplizieren, wie aus Gründen einer vereinfachten Darstellung in Figur 2a unter der Überschrift „Code-Referenz CCF“ erfolgt.

Die jeweiligen datenpositionsindividuellen Multiplikationen des Summen-Worts mit der Referenz ergeben die in Figur 2a im einzelnen aufgeführten Werte der Kreuzkorrelationsfunktion (KKF). Diese Werte weisen positive Extremwerte (26) (Maxima)

- 15 immer an den Datenpositionen auf, an denen ursprünglich das zugeordnete Code-Wort mit dem größten Wert des Wertevorrats des Datenwortes, nämlich dem Datum (1), bewertet (multipliziert) wurde. Die Werte weisen ein Minimum (-6) an den Datenpositionen auf, an denen ursprünglich das zugeordnete Code-Wort mit dem mit dem kleinsten Wert des Wertevorrats des Datenwortes, nämlich dem Datum (0) bewertet (multipliziert) wurde. Im vorliegenden Falle eines binären Wertevorrats für das Daten-Wort gibt es naturgemäß nur diese beiden Extremwerte und die Zuordnung ist mit einfachster Auswertung möglich.

- 25 Damit lässt sich in einem mit 5 bezeichneten Verfahrensschritt auf den im zu übertragenden Daten-Wort an der jeweiligen Datenposition ursprünglich enthaltenen Wert rückschließen. Im Ausführungsbeispiel wird jeder Datenposition, an der ein Maximum (hier: (26)) der Kreuzkorrelation KKF steht, der Wert (1) rekonstruiert und entsprechend an den übrigen Datenpositionen mit dem Minimum (-6) jeweils der Wert (0).

66
10 13 1 - 13

In graphischer Darstellung ergibt sich damit der in Figur 2b unter der Überschrift „KKF-Funktion (diskret)“ dargestellte Funktionsverlauf. Neben der expliziten Darstellung in Figur 2b ist dieser Funktionsverlauf in Figur 1 mit der Unterschrift „unipolar“ schematisch angedeutet.

Andeutungsweise ist in Figur 1 schematisch mit der Unterschrift „bipolar“ auch eine Übertragung dargestellt, die auf einer bipolaren Datenbasis des Daten-Worts basiert. Hierbei wären also die Datenwerte (0) des vorhergehenden Beispiels durch die Werte (-1) ersetzt. Dies hat den Vorteil einer verbesserten Störunempfindlichkeit und führt außerdem dazu, dass es auch bei Übertragung eines Daten-Worts, dessen einzelne Daten in unipolarer Darstellung alle „0“ wären, nicht zu einem zu übertragenden Nullwort als Summen-Wort SW und damit nicht zu einem energielosen Signal kommt. Im einzelnen ergeben sich in diesem Fall eines bipolaren Daten-Worts die detalliert in Figur 3a gezeigten Werte. Im Ergebnis zeigt die Kreuzkorrelationsfunktion (KKF) (vgl. auch graphische Darstellung in Figur 3b) ebenfalls eindeutig detektierbare Maxima (hier: (51)) an jeder Datenposition, deren zugeordnetes Code-Wort ursprünglich mit dem Datum (1) bewertet (multipliziert) wurde und Minima (-13) an den Datenpositionen, an denen ursprünglich das zugeordnete Code-Wort mit dem Datum (0) bewertet (multipliziert) wurde.

In entsprechender Weise lässt sich die übertragene Datenrate noch weiter steigern, wenn das Daten-Wort auf einem höherwertigen Zahlensystem basiert! Dies ist in Figur 4a, 4b beispielhaft dargestellt für ein Datenwort, das die Werte (-1), (-0,5), (0), (+0,5) und (+1) enthält und damit auf einem fünfwertigen Zahlensystem basiert.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

Das angenommene Daten-Wort enthält in den Datenpositionen #1 bis #31 die diskreten Werte

5 (1), (-1), (0), (0), (0,5), (0), (-1), (-0,5), (-0,5), (1),
 (0), (0) ... usw.... (1), (0) (vgl. Figur 4a).

Daraus resultiert nach multiplikativer Verknüpfung mit dem jeweils zugeordneten Code-Wort C1 bis C31 und anschließender Summenbildung das Summen-Wort SW:

-2	-4	2	-1	2	-2	-1	4	1	7	-2	6	-3	5	-3	-1	-1	-6	0	4	-1	1	-2	-3	5	3	4	-7	0	-1	0
----	----	---	----	---	----	----	---	---	---	----	---	----	---	----	----	----	----	---	---	----	---	----	----	---	---	---	----	---	----	---

Das Summen-Wort besteht in diesem Ausführungsbeispiel aus einer diskreten Zahlenfolge; die Übertragung kann aber auch als analoges Signal erfolgen.

15

Das empfangene Summen-Wort wird wie vorbeschrieben mit der Referenz (z.B. C1) kreuzkorreliert und ergibt die in der Spalte KKF ersichtlichen diskreten Werte. Dabei entspricht das absolute Maximum (28) dem größten Wert – nämlich (1) – des Wertevorrats des Daten-Worts, das absolute Minimum (-36) dem kleinsten Wert – nämlich (-1) des Wertevorrats des Daten-Worts. Aus der Kenntnis der absoluten Extremwerte lässt sich nun ableiten, wie die übrigen Werte der Kreuzkorrelationsfunktion entsprechenden Werten des Wertevorrats des Daten-Worts zuzuordnen sind. Eine Realisierungsmöglichkeit dazu bildet eine von den absoluten Extremwerten ausgehende Wertebandbildung. Vorteilhafterweise können die Wertebänder dabei auch über die absoluten Extremwerte hinausgehen, um im Falle von Datenübertragungsfehlern auch oberhalb bzw. unterhalb der absoluten (bei fehlerfreier Übertragung vorliegenden) Extremwerte noch mit zu umfassen („einzufangen“). Im vorliegenden Beispiel könnte ausgehend von der Differenz der absoluten Ex-

8 8 8 15 8 0 0

tremwerte (nämlich $28 - (-36) = 64$) diese Spanne in 4 vorzugsweise gleiche Bänder mit einer Breite von $64/4 = 16$ unterteilt werden. Die Bänder würden zum „Einfangen“ von Übertragungsfehlern dann wie folgt liegen:

5

Band	Wertebereich	Umfasst Wert (x) des Daten-Worts
1	-44 bis -28	(-1)
2	-27 bis -12	(-0,5)
3	-11 bis +4	(0)
4	+5 bis +20	(+0,5)
5	+21 bis +36	(+1)

Man erkennt also, dass aus der relativen Lage der Werte der Kreuzkorrelationsfunktion und unter Auswertung der Extremwerte auf alle Daten des Daten-Worts rückgeschlossen werden.

10 kann: Dem Wert (12) der Kreuzkorrelationsfunktion wird also der Wert (0,5) des Wertevorrats des Daten-Worts, dem Wert (4) der Wert (0) und dem Wert (-20) der Wert (-0,5) des Daten-Worts an der jeweiligen Datenposition zugeordnet.

Die für die vorbeschriebenen Zuordnungen notwendigen Informationen können z.B. bereitgestellt werden, indem in jedem Daten-Wort Datenpositionen für eine diesbezügliche Information reserviert werden. So könnten beispielsweise die ersten zwei Datenpositionen eines z.B. digitalen Daten-Worts mit dem 20 höchsten bzw. niedrigsten Wert des für das Daten-Wort vorgesehenen Wertevorrats gefüllt sein. Es können aber auch empfängerseitig entsprechende Zuordnungstabellen hinterlegt sein, die in Kenntnis der (konstanten) Wertigkeit der verwendeten Daten-Wörter aus den auftretenden Extremwerten eine 25 solche (bänderweise) Zuordnung vornehmen.

In der graphischen Darstellung der KKF-Funktion in Figur 4b erkennt man noch immer eindeutig identifizierbare Extremwerte, deren Abstand allerdings im Vergleich zu den vorhergehenden Beispielen verringert ist - damit ist ersichtlich, dass
5 die Steigerung der übertragbaren Datenrate zu Lasten des Störabstandes und damit der Störunempfindlichkeit geht. Es gibt jedoch viele Anwendungsfälle, insbesondere kurzer Übertragungsstrecken, wo dieser Störabstand durchaus ausreichend ist.

Andererseits ist vorteilhafterweise die Datenrate erheblich gesteigert, indem wie in Figur 5 prinzipiell gezeigt eine binäre Zahlenfolge eines zu übertragenden Wortes von mod2 in z.B. mod4 konvertiert und damit die Datenübertragung komprimiert wird.
15

Figur 6 zeigt eine weitere Modifikation des erfindungsgemäßen Verfahrens. Hier werden im wesentlichen dieselben Verfahrensschritte wie im Zusammenhang mit Figur 1 beschrieben durchgeführt, allerdings unter Verwendung eines Code-Wörter-Vorrats, der aus zwei Sätzen von Code-Wörtern Code01 und Code02 besteht. Die Sätze von Code-Wörtern bestehen aus zueinander orthogonalen Sequenzen. Die Orthogonalität bewirkt, dass die Kreuzkorrelationsfunktion von Code-Wörtern C1-1 bis C1-31 des ersten Satzes Code01 miteinander und die Kreuzkorrelationsfunktion von Code-Wörtern C2-1 bis C2-31 des zweiten Satzes Code02 miteinander jeweils einen ausgeprägten detektierbaren Extremwert aufweist. Dagegen weist die Kreuzkorrelationsfunktion der Code-Wörter C1-1 bis C1-31 des ersten Satzes Code01 mit den Code-Wörtern C2-1 bis C2-31 des zweiten Satzes keinen ausgeprägten detektierbaren Extremwert auf. Die Codewörter jeden Satzes sind wie beschrieben aus zyklischer Verschiebung aus einem jeweiligen Satz-Grund-Code-Wort des ersten bzw. des
20
25
30

812-37

zweiten Satzes Code01 bzw. Code02 gebildet, wobei wie vorbeschrieben die Anzahl individueller Code-Wörter des Vorrats insgesamt mindestens der Anzahl der Datenpositionen des Daten-Wortes entspricht.

5

Wie Figur 6 schematisch weiterhin zeigt, wird das empfangene Summen-Wort SW in einem Verfahrensschritt 6 zwei Korrelatoren KORR1, KORR2 parallel zugeführt. Der Korrelator KORR1 führt dabei wie ausführlich beschrieben eine Kreuzkorrelation mit einer Referenz R1 durch; die Referenz kann das Grund-Code-Wort des Satzes Code01 oder auch eine durch zyklische Verschiebung dieser Grund-Code-Worts gebildete Sequenz sein. Im Beispiel als Referenz das Grund-Code-Wort C1-1 verwendet. Parallel führt der Korrelator KORR2 eine Kreuzkorrelation mit einer Referenz R2 durch, die dem Grund-Code-Wort C2-1 des Satzes Code02 entspricht. Aufgrund der Orthogonalität der Code-Sätze Code01 und Code02 ergibt nur eine der Kreuzkorrelationen jeweils ein ausgeprägtes Maximum, nämlich bei Zugrundelegung der Referenz, die dem Grund-Code-Wort des Satzes entspricht, aus dem das der jeweiligen Datenposition zugeordnete Code-Wort gewählt wurde. Die übrige Auswertung erfolgt wie vorbeschrieben. Damit kann insgesamt eine höhere Ratenrate übertragen werden.

25 Figur 7 zeigt schematisch die Problematik des sog. „Multipath Fading“, das auch bei sog. Baseband-Übertragungen zwischen einem Sender Tx und einem Empfänger Rx (d.h. Übertragung ohne Modulation des Summen-Worts) oder bei Übertragungen, die unmodulierten Übertragungen ähnlich sind (wie z.B. amplitudenumulierte Übertragungen) unerwünschte Störeffekte SE hervorrufen kann. Die schematisch in Zeile Z1 dargestellten Summen-Wörter führen aufgrund unerwünschter Reflexionen zu überlagerten Signalen SE, wie sie in Zeile Z2 dargestellt sind.

2
E 1 0 0 1 0 0
18

- Diese Signale werden erfindungsgemäß nun mit einer zyklischen Ergänzung ZE des jeweiligen Summen-Worts versehen, die derart bemessen ist, dass trotz Übertragungsbedingter Summen-Wort-Interferenzen innerhalb des Korrelationsfensters KF nur 5 Summen-Wort-Anteile auftreten, die von einem einzigen ursprünglichen Summen-Wort stammen.

12.9.1.00



Patentansprüche

1. Verfahren zum Übertragen eines Daten-Worts (DW), das eine Folge von einzelnen Daten (0,1) in aufeinanderfolgenden Datenpositionen (#1...#31) enthält, bei dem

- 5 a) ein Code-Wörter-Vorrat (CV) bereitgestellt wird, wobei
- die Anzahl individueller Code-Wörter (C1...C31) des Vorrats mindestens der Anzahl der Datenpositionen (#1...#31) des Daten-Wortes (DW) entspricht und
 - die Kreuzkorrelationsfunktion jedes Code-Worts (C2...C31) mit einer bestimmten Referenz (C1) jeweils einen ausgeprägten detektierbaren Extremwert aufweist, wobei dessen Lage charakteristisch für das individuelle Code-Wort (C2) ist,
- 15 b) jeder Datenposition (#1) des Daten-Worts (DW) ein individuelles Code-Wort (C1) zugeordnet wird,
- c) das zugeordnete Code-Wort (C1) mit dem jeweiligen Datum (0) der Datenposition (#1) unter Bildung eines datenpositionsindividuellen Verknüpfungsergebnisses (VE1) verknüpft wird,
- 20 d) die datenpositionsindividuellen Verknüpfungsergebnisse (VE1...VE31) unter Bildung eines Summen-Wortes (SW) addiert werden,
- 25 e) das Summen-Wort (SW) zu einem Empfänger (EMP) übertragen wird,
- f) das empfangene Summen-Wort (SW) mit einer Referenz (R) kreuzkorreliert wird, wobei diese Referenz (R) bei Kreuzkorrelation mit jedem Code-Wort (C1...C31) jeweils einen ausgeprägten detektierbaren Extremwert aufweist, wobei dessen Lage charakteristisch für das individuelle Code-Wort (C2) ist,
- 30 g) aus der Lage und Größe der Werte der so gebildeten Korrelationsfunktion (KKF) die jeweiligen datenpositionsindivi-

duellen Daten $(0,1)$ des Daten-Worts (DW) rekonstruiert werden, indem nach fester Zuordnung jedem Wert $(-6;26)$ ein entsprechendes Datum $(0,1)$ zugeordnet wird.

- 5 2. Verfahren nach Anspruch 1,
- wobei die Code-Wörter durch zyklische Verschiebung aus einer m-Sequenz, einem Barker-Code, einer Gordon-Mills-Welch (GMW)-Sequenz oder einem Gold-Code gebildet werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1,
- wobei die Code-Wörter aus zyklischer Verschiebung aus einem CCK- (Complementary-Code-Keying)-Code gebildet werden.

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3,
5 - wobei für das Daten-Wort (DW) unipolare duale Werte (0,1) zugelassen werden.

6. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3,
- wobei für das Daten-Wort (DW) bipolare duale Werte (-1,1) zugelassen werden.

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
- wobei als Code-Wörter bipolare Sequenzen verwendet werden.

8. Verfahren zum Übertragen eines Daten-Worts (DW), das eine Folge von einzelnen Daten (0,1) in aufeinanderfolgenden Datenpositionen (#1...#31) enthält, bei dem
a) ein Code-Wörter-Vorrat (CV) bereitgestellt wird, wobei

- die Anzahl individueller Code-Wörter des Vorrats mindestens der Anzahl der Datenpositionen des Daten-Wortes (DW) entspricht,
 - als Code-Wörter (C1-1...C1-31; C2-1...C2-31) mindestens zwei Sätze (Code01, Code02) von hinreichend orthogonalen Sequenzen verwendet werden, deren Orthogonalität bewirkt, dass
 - die Kreuzkorrelationsfunktion von Code-Wörtern (C1-1...C1-31) des ersten Satzes (Code01) mit einer bestimmten ersten Satz-Referenz einen ausgeprägten detektierbaren Extremwert und die Kreuzkorrelationsfunktion von Code-Wörtern (C2-1...C2-31) des zweiten Satzes (Code02) mit einer bestimmten zweiten Satz-Referenz einen ausgeprägten detektierbaren Extremwert aufweisen, wobei deren Lage jeweils charakteristisch für das individuelle Code-Wort des jeweiligen Code-Wort-Satzes ist,
 - während die Kreuzkorrelationsfunktion der Code-Wörter (C1-1...C1-31) des ersten Satzes (Code01) mit der zweiten Satz-Referenz (C2-1) des zweiten Satzes (Code02) und die Kreuzkorrelationsfunktion von Code-Wörtern (C2-1...C2-31) des zweiten Satzes (Code02) mit der ersten Satz-Referenz (C1-1) keinen ausgeprägten detektierbaren Extremwert aufweisen,
- b) jeder Datenposition des Daten-Worts ein individuelles Code-Wort zugeordnet wird,
- c) das zugeordnete Code-Wort mit dem jeweiligen Datum (0,1) der Datenposition unter Bildung eines datenpositionsindividuellen Verknüpfungsergebnisses verknüpft wird,
- d) die datenpositionsindividuellen Verknüpfungsergebnisse unter Bildung eines Summen-Wortes (SW) addiert werden,
- e) das Summen-Wort (SW) zu einem Empfänger übertragen wird,
- f) das empfangene Summen-Wort (SW) jeweils mit einer ersten und einer zweiten Satz-Empfangs-Referenz (R1, R2) kreuz-

22.1.00

korreliert wird, wobei die Kreuzkorrelationsfunktion von Code-Wörtern ($C1-1 \dots C1-31$) des ersten Satzes (Code01) mit der ersten Satz-Empfangs-Referenz ($R1$) einen ausgeprägten detektierbaren Extremwert und die Kreuzkorrelationsfunktion von Code-Wörtern ($C2-1 \dots C2-31$) des zweiten Satzes (Code02) mit der zweiten Satz-Empfangs-Referenz ($R2$) einen ausgeprägten detektierbaren Extremwert aufweisen, wobei deren Lage jeweils charakteristisch für das individuelle Code-Wort des jeweiligen Code-Wort-Satzes ist, und

- 5
- g) aus der Lage und Größe der Werte der so gebildeten Korrelationsfunktionen die jeweiligen datenpositionsindividuellen Daten des Daten-Worts (DW) rekonstruiert werden, indem nach fester Zuordnung jedem Wert ein entsprechendes Datum zugeordnet wird.

15

9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
- wobei das Summen-Wort (SW) zur Übertragung M-PSK (Multi-Phase-Shift-Keying) moduliert wird und dabei eine M-PSK-Modulationsstufe verwendet wird, die höherstufig ist als nach der Anzahl möglicher Werte, die das Summen-Wort annehmen kann, notwendig wäre.

20

10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
- wobei die Summen-Wörter (SW) mit einer zyklischen Ergänzung (ZE) versehen werden, die derart bemessen ist, dass trotz übertragungsbedingter Summen-Wort-Interferenzen innerhalb des Korrelationsfensters (KF) nur Summen-Wort-Anteile auftreten, die von einem einzigen ursprünglichen Summen-Wort stammen.

25

30



Zusammenfassung

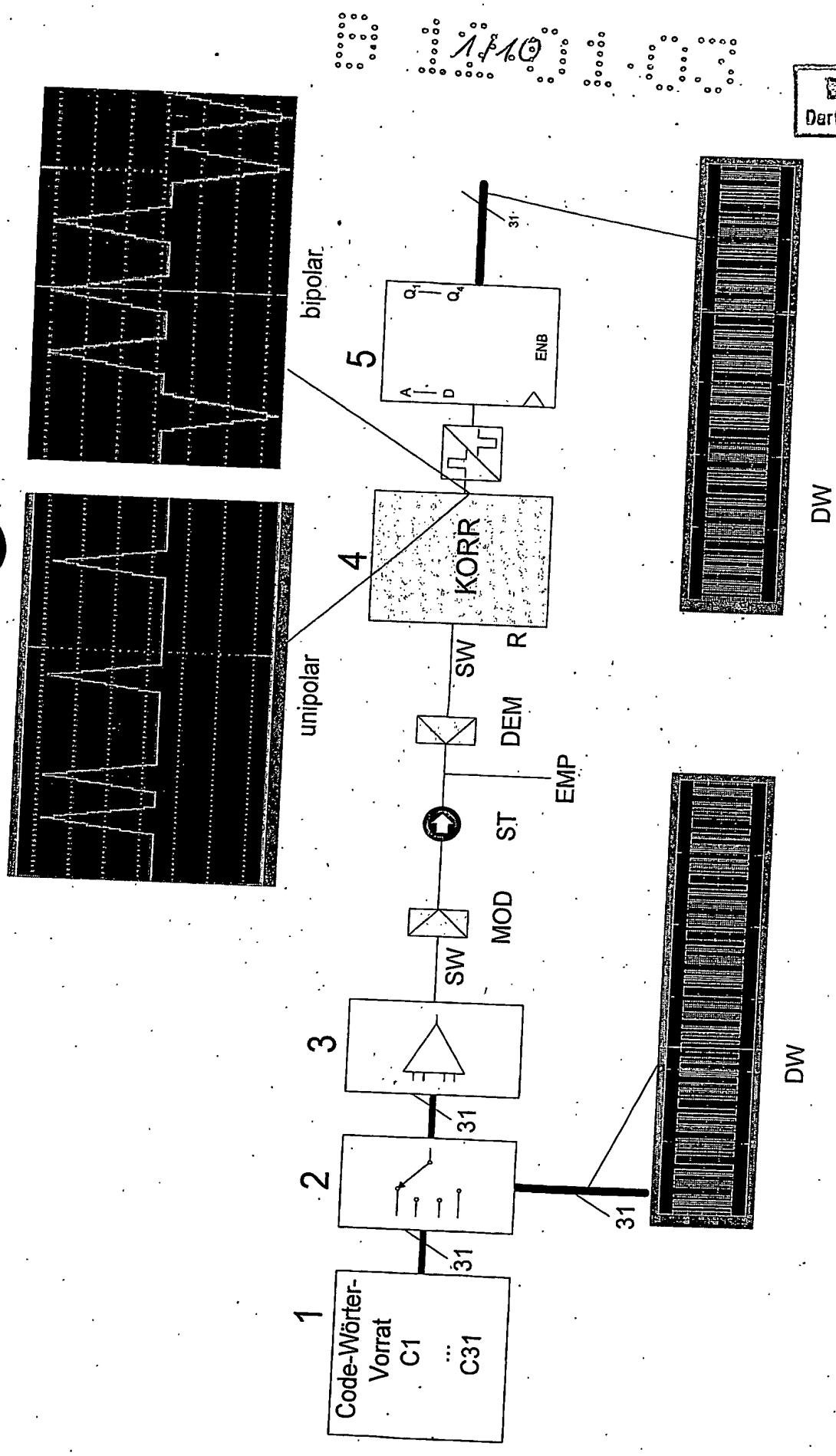
Verfahren zum Übertragen eines Daten-Worts, das eine Folge von einzelnen Daten in aufeinanderfolgenden Datenpositionen enthält.

Es wird ein Code-Wörter-Vorrat (CV) bereitgestellt, wobei die Anzahl individueller Code-Wörter (C1...C31) des Vorrats mindestens der Anzahl der Datenpositionen (#1...#31) des Daten-Wortes (DW) entspricht, die Code-Wörter aus zyklischer Verschiebung aus einem Grund-Code-Wort (C1) gebildet sind, und die Kreuzkorrelationsfunktion jedes Code-Worts (C2...C31) mit dem Grund-Code-Wort (C1) jeweils einen ausgeprägten detektierbaren Extremwert aufweist, wobei dessen Lage charakteristisch für das individuelle Code-Wort (C2) ist.

Jeder Datenposition (#1) des Daten-Worts (DW) wird ein individuelles Code-Wort (C1) zugeordnet, das mit dem jeweiligen Datum (0) der Datenposition (#5) unter Bildung eines datenpositionsindividuellen Verknüpfungsergebnisses (VE5) verknüpft wird. Die datenpositionsindividuellen Verknüpfungsergebnisse (VE1...VE31) werden unter Bildung eines Summen-Wortes (SW) addiert, das nach Übertragung mit einer Referenz (R) kreuzkorreliert wird, die dem Grund-Code-Wort (C1) entspricht oder die durch zyklische Verschiebung aus dem Grund-Code-Wort (C1) gebildet ist.

Aus der Lage und Größe der Werte der so gebildeten Korrelationsfunktion (KKF) werden die jeweiligen datenpositionsindividuellen Daten (0,1) des Daten-Worts (DW) rekonstruiert, indem nach fester Zuordnung jedem Wert (-6;26) ein entsprechendes Datum (0,1) zugeordnet wird.

Figur 1



Belegexemplar
Darf nicht geändert werden

Figur 1

Code-Nr./Vorrat		Verfügungseinheiten		# Dm.	
1	1	VET	1	1	1
2	2	VET	1	1	1
3	3	VET	1	1	1
4	4	VET	1	1	1
5	5	VET	1	1	1
6	6	VET	1	1	1
7	7	VET	1	1	1
8	8	VET	1	1	1
9	9	VET	1	1	1
10	10	VET10	1	1	1
11	11	VET11	0	0	0
12	12	VET12	0	0	0
13	13	VET13	1	1	1
14	14	VET14	0	0	0
15	15	VET15	1	1	1
16	16	VET16	1	1	1
17	17	VET17	1	1	1
18	18	VET18	0	0	0
19	19	VET19	0	0	0
20	20	VET20	0	0	0
21	21	VET21	0	0	0
22	22	VET22	0	0	0
23	23	VET23	0	0	0
24	24	VET24	0	0	0
25	25	VET25	0	0	0
26	26	VET26	0	0	0
27	27	VET27	0	0	0
28	28	VET28	0	0	0
29	29	VET29	0	0	0
30	30	VET30	1	1	1
31	31	SW0	1	1	1

KKF-Ergebnis	
0	0
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
10	10
11	11
12	12
13	13
14	14
15	15
16	16
17	17
18	18
19	19
20	20
21	21
22	22
23	23
24	24
25	25
26	26
27	27
28	28
29	29
30	30
31	31

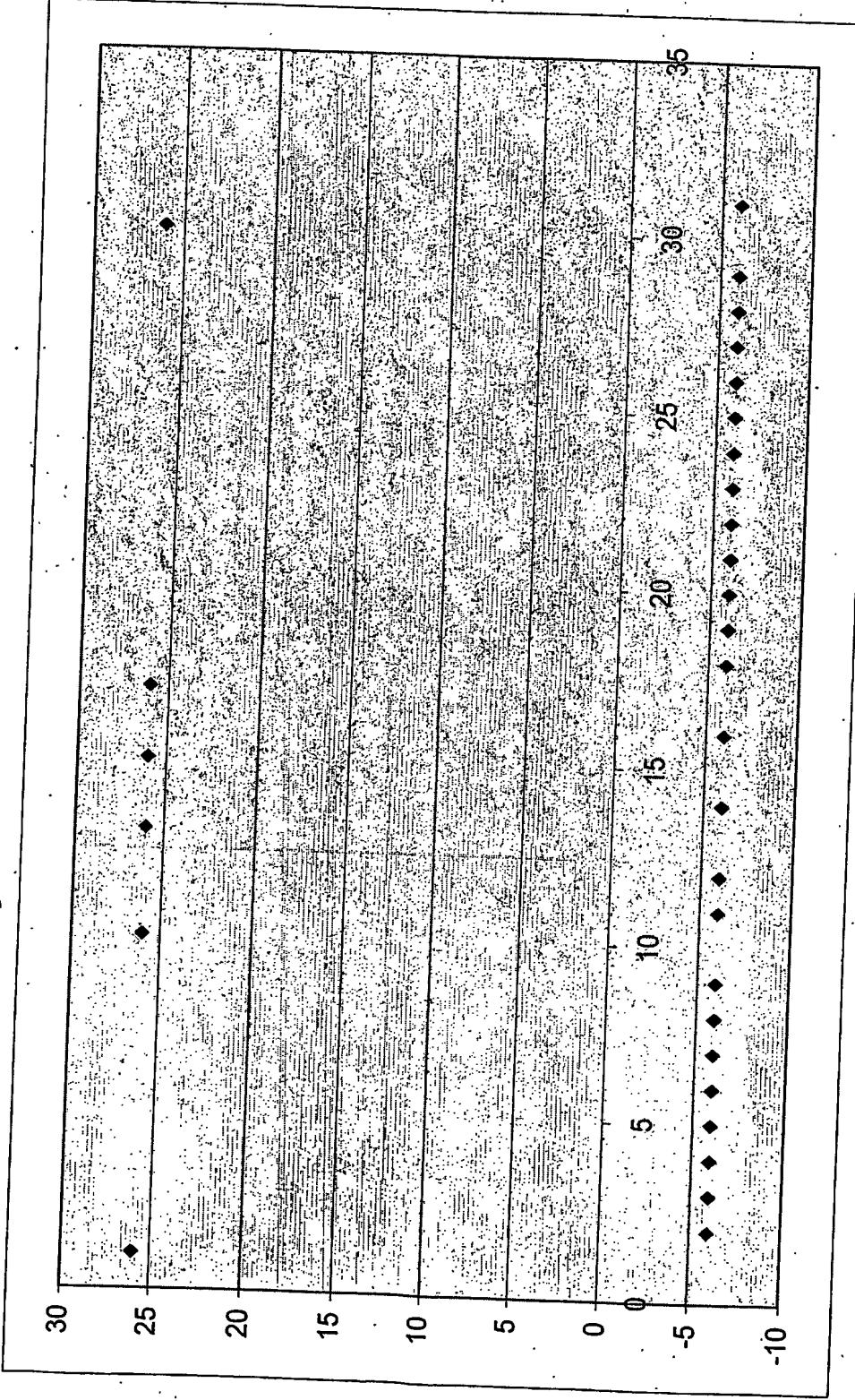
Referenz/CCP	
1	1
2	1
3	1
4	1
5	1
6	1
7	1
8	1
9	1
10	1
11	1
12	1
13	1
14	1
15	1
16	1
17	1
18	1
19	1
20	1
21	1
22	1
23	1
24	1
25	1
26	1
27	1
28	1
29	1
30	1
31	1

8 1210 100

Belegexemplar
Darf nicht geändert werden

Figur 2a

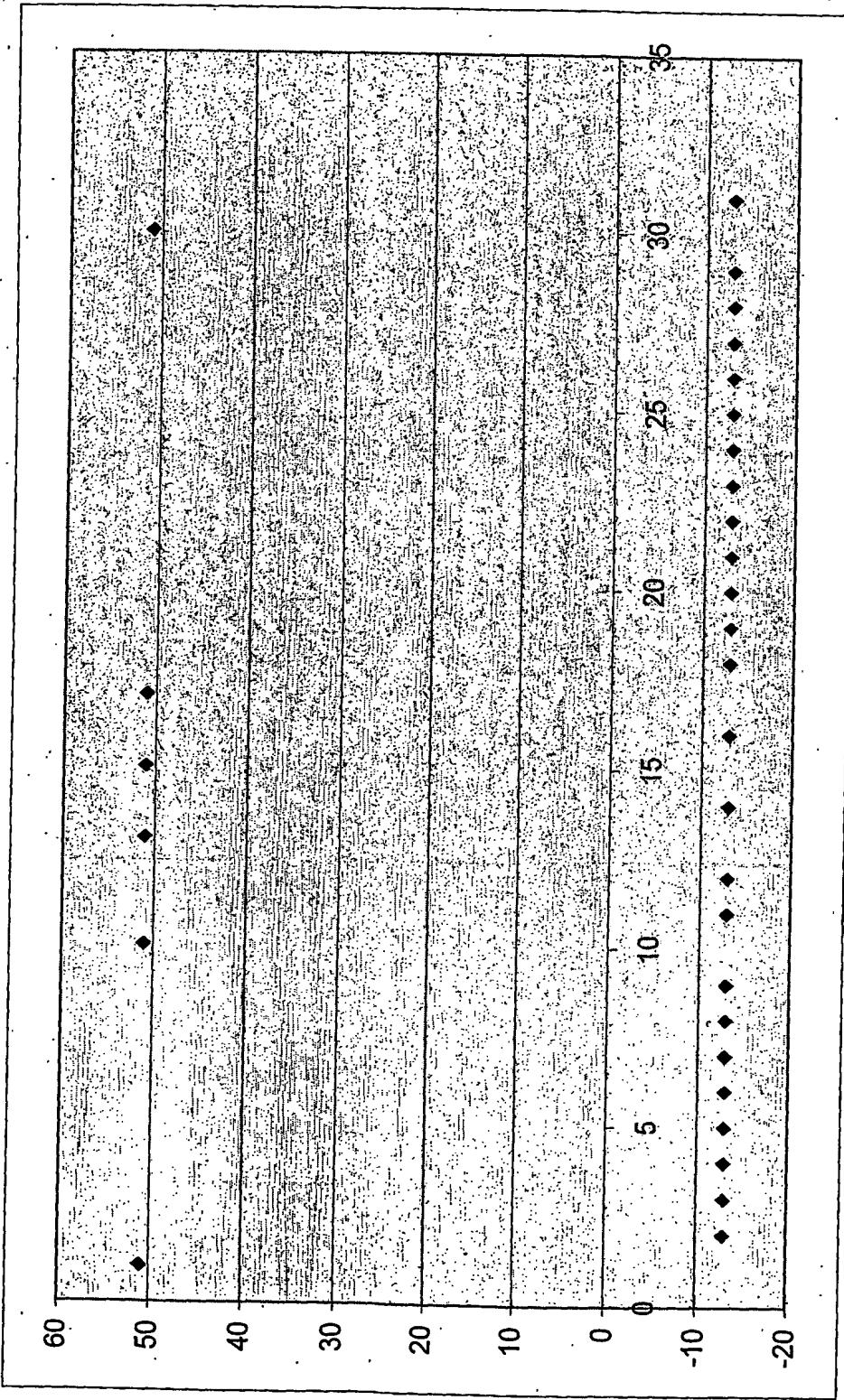
KKF-Funktion (diskret)



Belegexemplar
Darf nicht geändert werden

Figur 3a

KKF-Funktion (diskret)



Figur 3b

Belegexemplar
Darf nicht geändert werden

5140

Code Wort	Format	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
VET	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
VE1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
VE2	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
VE3	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
VE4	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
VE5	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
VE6	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
VE7	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
VE8	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
VE9	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
VE10	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
VE11	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
VE12	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
VE13	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
VE14	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
VE15	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
VE16	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
VE17	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
VE18	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
VE19	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
VE20	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
VE21	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
VE22	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
VE23	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
VE24	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
VE25	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
VE26	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
VE27	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
VE28	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
VE29	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
VE30	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
VE31	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

Verbindungsgegenst�nde		Kfz-Ergebnis	
1	Datei	0	1
2	VE1	0	1
3	VE2	0	1
4	VE3	0	1
5	VE4	0	1
6	VE5	0	1
7	VE6	0	1
8	VE7	0	1
9	VE8	0	1
10	VE9	0	1
11	VE10	0	1
12	VE11	0	1
13	VE12	0	1
14	VE13	0	1
15	VE14	0	1
16	VE15	0	1
17	VE16	0	1
18	VE17	0	1
19	VE18	0	1
20	VE19	0	1
21	VE20	0	1
22	VE21	0	1
23	VE22	0	1
24	VE23	0	1
25	VE24	0	1
26	VE25	0	1
27	VE26	0	1
28	VE27	0	1
29	VE28	0	1
30	VE29	0	1
31	VE30	0	1

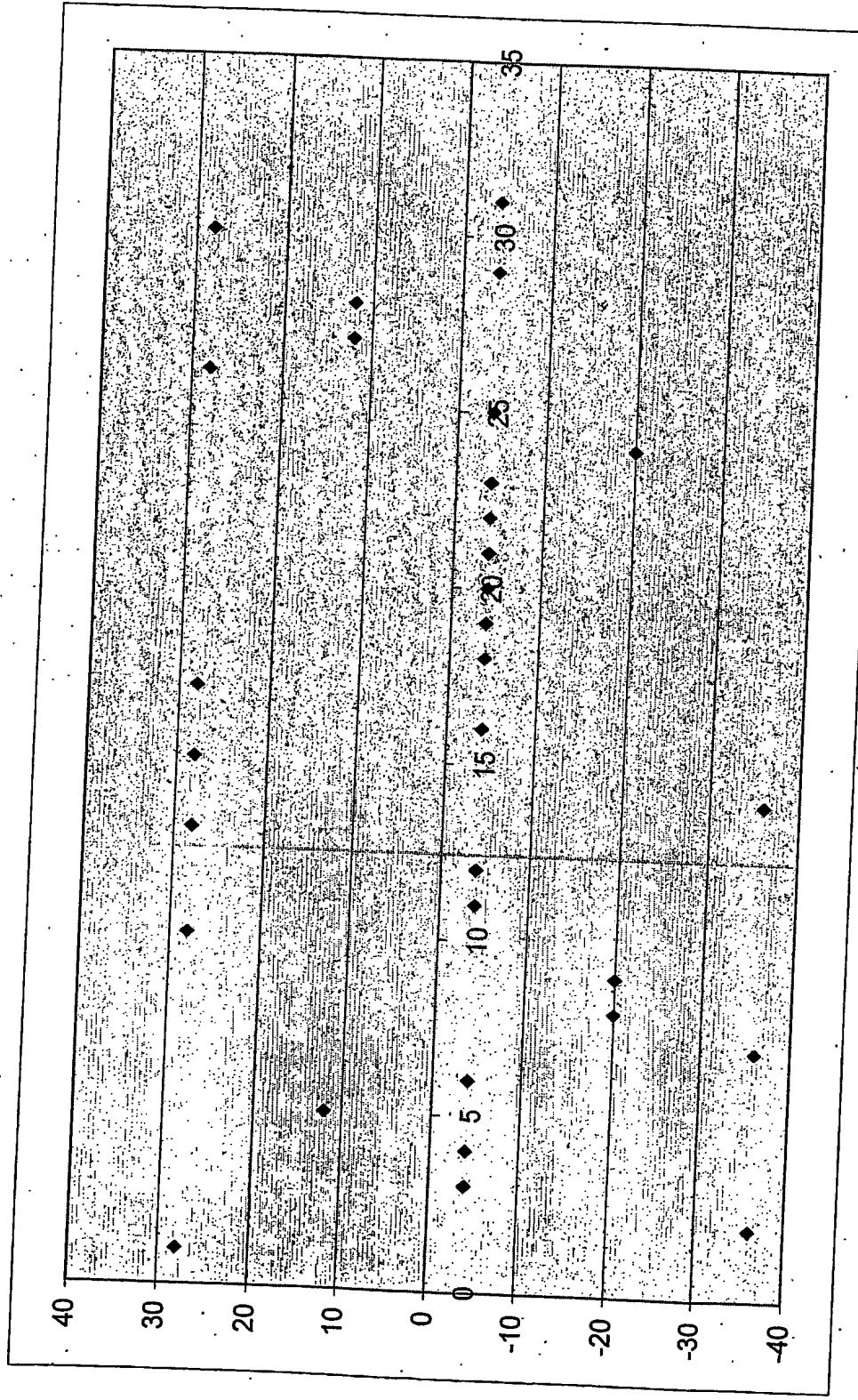
Code Wort		CCF	
1	VE1	0	1
2	VE2	0	1
3	VE3	0	1
4	VE4	0	1
5	VE5	0	1
6	VE6	0	1
7	VE7	0	1
8	VE8	0	1
9	VE9	0	1
10	VE10	0	1
11	VE11	0	1
12	VE12	0	1
13	VE13	0	1
14	VE14	0	1
15	VE15	0	1
16	VE16	0	1
17	VE17	0	1
18	VE18	0	1
19	VE19	0	1
20	VE20	0	1
21	VE21	0	1
22	VE22	0	1
23	VE23	0	1
24	VE24	0	1
25	VE25	0	1
26	VE26	0	1
27	VE27	0	1
28	VE28	0	1
29	VE29	0	1
30	VE30	0	1
31	VE31	0	1

106/140

Selegexemplar
Darf nicht ge ndert werden

Figur 4a

KKF-Funktion (diskret)



Figur 4b

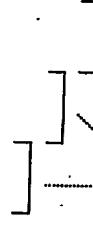
Belegexemplar
Darf nicht geändert werden

Aktenzeichen Wolf-20

$$a(n) = 0, 1, 1, 1, 0, \dots$$

$2^{120} 2^{120} 2^{120}$

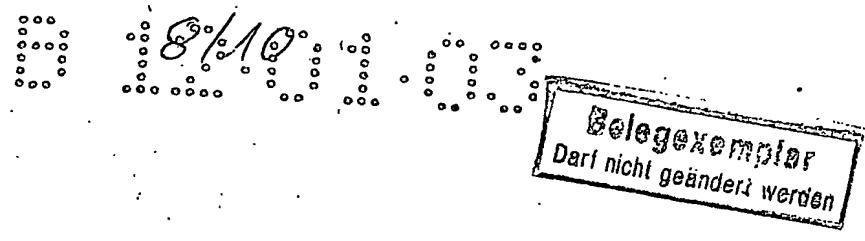
$\mod 2$

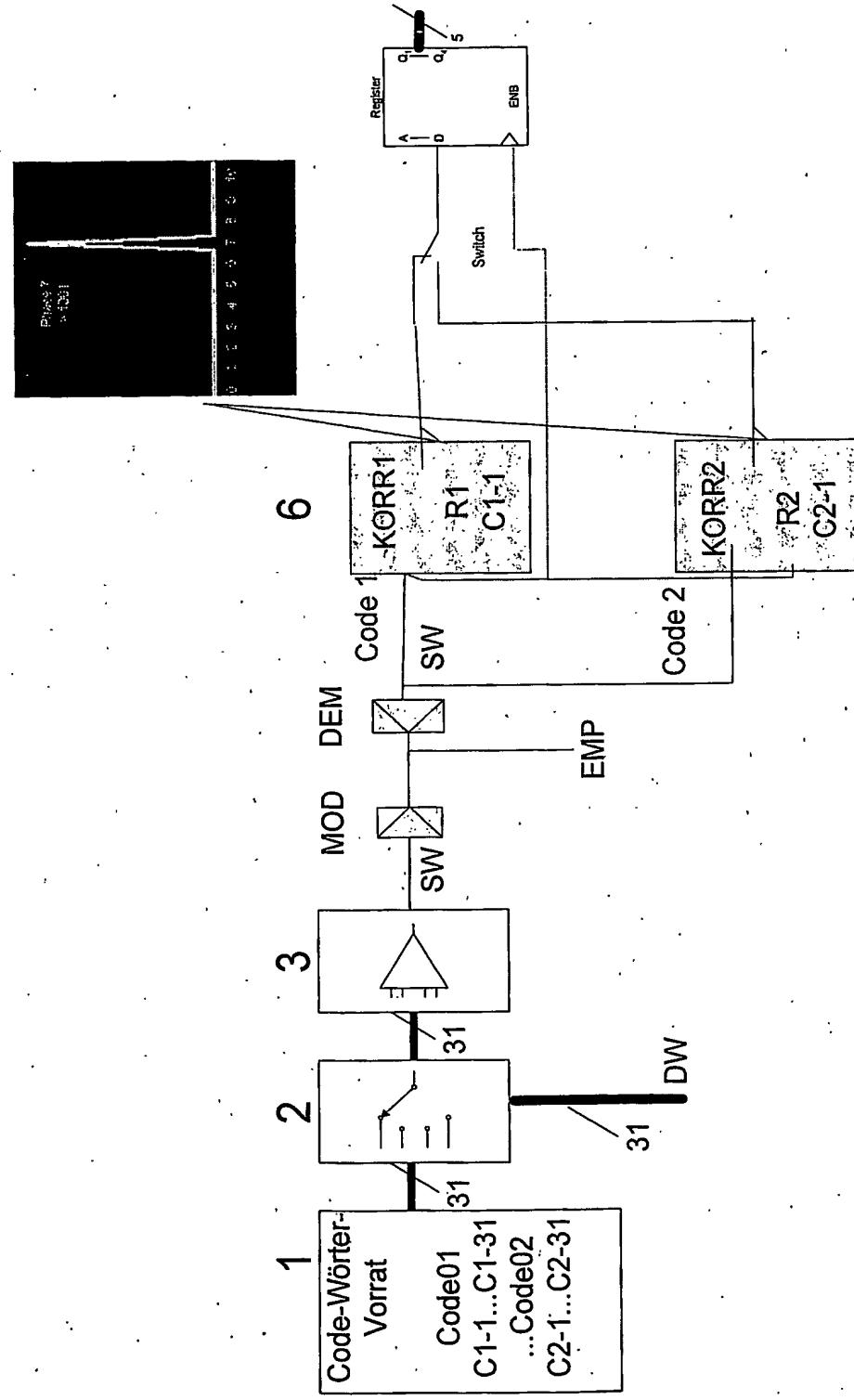


$$a'(n) = 1, 3, 2, \dots$$

$4^0 4^0 4^0$

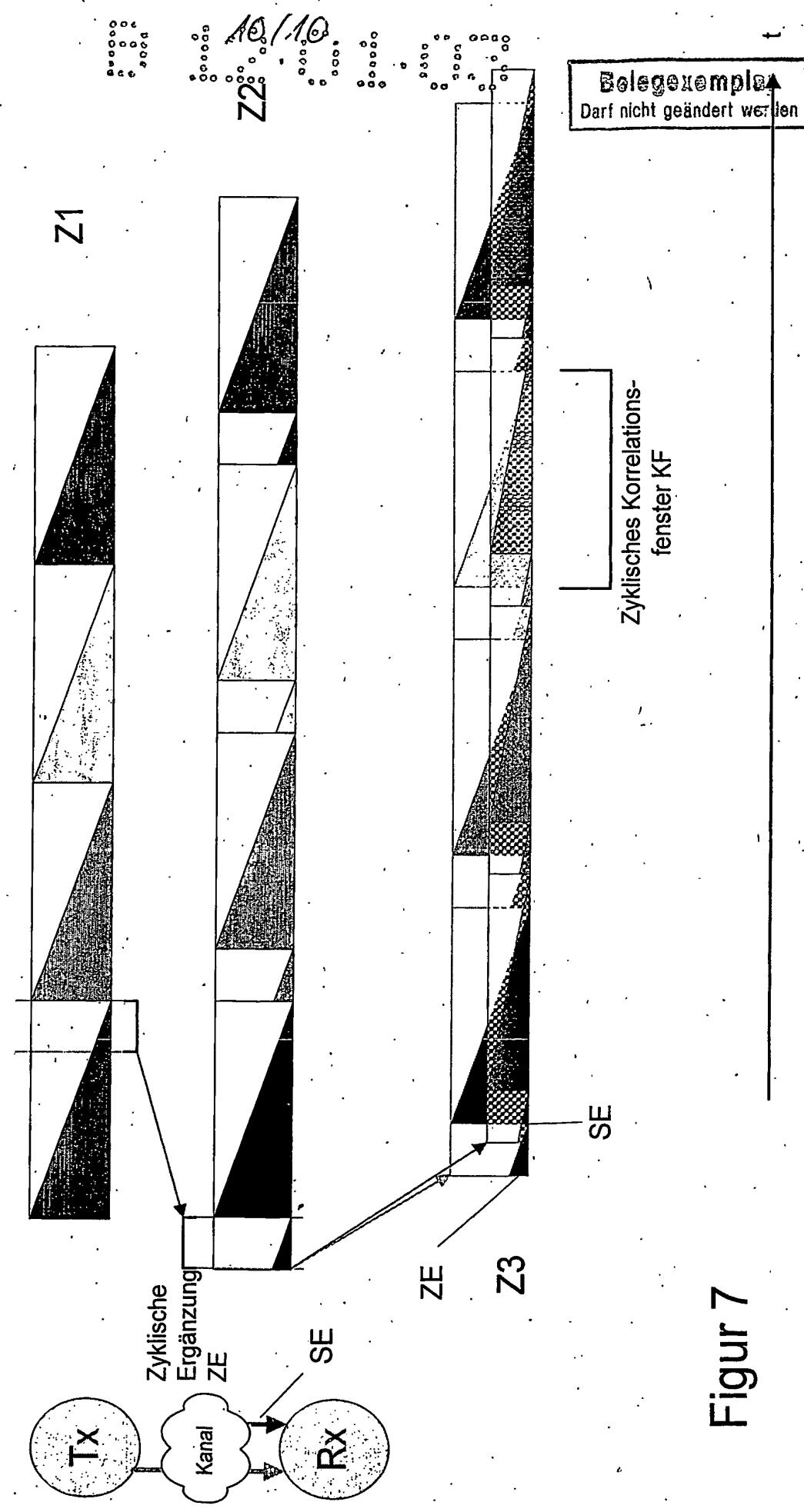
Figur 5





Figur 6

Belegexemplar
Darf nicht geändert werden



This Page is inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT OR DRAWING
- BLURED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- GRAY SCALE DOCUMENTS
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- REPERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- OTHER: _____

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.
As rescanning documents *will not* correct images
problems checked, please do not report the
problems to the IFW Image Problem Mailbox**